

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace výroby speciální součásti

Manufacturing Rationalization of Special Workpiece

Student: David Štencel

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Vrba CSc.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22. 5. 2009

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákony o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 22. 5. 2009

David Štencel
Lipinka 31
p. Troubelice 3
783 83

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠTENCL, D. Racionalizace výroby speciální součásti. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 37 s. Bakalářská práce, vedoucí Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá výrobním postupem ostřikovací trubky. V první části je zaměřena na popis stávající technologie výroby vyznačující se vysokou pracností a nízkou úrovní mechanizace práce.

Ve druhé části se zabývá návrhem nové komplexní technologie výroby předpokládající drobné konstrukční změny, využití sestavovacích a upínacích přípravků. Nižších výrobních nákladů při zachování předepsané kvality výroby je mimo jiné také dosaženo využitím potřebného obráběcího stroje s nižší hodinovou sazbou (záměna původně využívané horizontální vyvrtávačky AFD 100 za souřadnicovou vrtačku VR 5 NC) a využitím obsluhy s nižší požadovanou kvalifikací. V závěru práce je provedeno hodnocení potvrzující správnost provedené změny technologie výroby uvedeného strojního dílce.

ANNOTATION OF THESIS

ŠTENCL, D. Manufacturing Rationalization of Special Workpiece. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 37 p. Thesis, head: Vrba, V.

This bachelor thesis deals with the production process of a spraying pipe. The first part is focused on description of existing production technology showed by high difficulty and low level of work mechanization.

The second part is focused on the project of new complex production technology which assumes small construction change, utilization of self-assembly and clamping preparations. The lower production costs by preserving prescribed production quality is achieved by use of required machine tool with lower hourly rate (exchange originally used up of a horizontal boring machine AFD 100 beyond a jig borer VR 5 NC) and using the service with lower required qualification. At the conclusion is carried out an evaluation bearing out accuracy of an executed change of production process of given machine component.

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU.....	9
2.1	ZAMĚŘENÍ VÝROBY.....	9
2.2	STROJNÍ VYBAVENÍ.....	10
2.3	VYSOKOTLAKÁ OSCILAČNÍ OSTRÍKOVACÍ TRUBKA – VOT.....	12
3	OBRÁBĚNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ.....	14
3.1	OBROBITELNOST MATERIÁLU.....	14
3.1.1	VLIV RŮZNÝCH ČINITELŮ NA OBROBITELNOST.....	14
3.1.2	VLIV MIKROSTRUKTURY NA OBROBITELNOST.....	15
3.1.3	VLIV CHEMICKÉHO SLOŽENÍ.....	16
3.1.4	VLIV ZPŮSOBU VÝROBY A TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ.....	17
3.1.5	ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ DO SKUPIN OBROBITELNOSTI.....	18
3.2	OBEČNÉ PODMÍNKY PRO OBRÁBĚNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ.....	18
3.3	VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ A VYSTRUŽOVÁNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ.....	19
3.4	FRÉZOVÁNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ.....	20
3.5	SOUSTRUŽENÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ.....	21
4	OPTIMALIZACE VÝROBY KONKRÉTNÍ SOUČÁSTI.....	21
4.1	STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY.....	21
4.2	NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE.....	23
4.2.1	NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ÚPRAV SVAŘENCE TRUBKY.....	23
4.2.2	NÁVRH SESTAVOVACÍHO PŘÍPRAVKU.....	24
4.2.3	NÁVRH UPÍNACÍHO PŘÍPRAVKU.....	25
4.2.4	NÁVRH NOVÉHO STROJE.....	26
5	DISKUZE EXPERIMENTŮ.....	27
5.1	VRTÁK HSSCo POUŽÍVANÝ PŘI STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGII.....	27
5.2	VRTÁK S VBD OD FIRMY YESTOOL.....	27
5.3	POROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK OBOU VRTÁKŮ.....	28
5.4	POROVNÁNÍ STROJNÍCH ČASŮ.....	30
6	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	32
7	ZÁVĚR.....	34
8	SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ.....	35
9	PŘÍLOHY.....	36

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

CAM	[-]	počítačem podporovaná výroba
CNC, NC	[-]	řízení obráběcího stroje počítačem, resp. programem
f_{m1}	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	posuv za minutu pro HssCo vrták
f_{m2}	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	posuv za minutu pro vrták s VBD
HB	[-]	tvrdost dle Brinela
HV	[-]	tvrdost dle Vickerse
i	[ks]	počet otvorů
L	[mm]	celková dráha posuvu
l	[mm]	tloušťka vrtaného materiálu
l_n	[mm]	náběh
l_p	[mm]	přeběh
R_N	$[\text{Kč} \cdot \text{hod}^{-1}]$	režijní náklady na provoz stroje
t_{AC}	[min]	hlavní čas strojní operace
t_{BC}	[min]	přípravný čas strojní operace
t_1	[min]	strojní čas pro vrtání jednoho otvoru HssCo vrtákem
t_2	[min]	strojní čas pro vrtání jednoho otvoru vrtákem s VBD
t_{c1}	[min]	celkový strojní čas pro vrtání HssCo vrtákem
t_{c2}	[min]	celkový strojní čas pro vrtání vrtákem s VBD
t_{U1}	[min]	celková časová úspora při výrobě jedné VOT
U	[Kč]	celková úspora na jednu VOT
U_R	[Kč]	celková úspora při výrobě průměrné roční dávky VOT
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
VOT	[-]	vysokotlaká oscilační ostříkovací trubka

1 ÚVOD

Průmysl papíru a celulózy patří k malým, ale významným odvětvím, které je konkurence schopným a perspektivním oborem zpracovatelského průmyslu ČR s dobrou environmentální výkonností. Jeho výrobky nacházejí uplatnění ve všech ostatních odvětvích zpracovatelského průmyslu, především polygrafickém.

Je založen na obnovitelných surovinách, převážně tuzemského původu (dřevo), a recyklovatelných surovinách (sběrový papír). Řadu let realizuje strategii trvale udržitelného rozvoje.

Odvětví patří k investičně velmi náročným, a to i s využitím investičních pobídek. Výroba vlákniny je značně náročná na energii, která je však z významné části kryta z vlastních zdrojů na bázi obnovitelných surovin.

Český papírenský průmysl se stal po vstupu ČR do EU nedílnou součástí celoevropského papírenského průmyslu. Došlo k tomu po dvanácti letech od jeho vyčlenění ze společného fungování se Slovenskem v Československé republice. Tato skutečnost je poměrně důležitá, protože významně ovlivňuje současné výrobní možnosti (výstavba papírenských výrobních kapacit byla v minulosti koncipována pro celé Československo) a především krytí reálné potřeby z tuzemských zdrojů. Z těchto důvodů totiž bohužel musí být větší část spotřeby papíru a lepenek v tuzemsku pokrývána importy.

Trendem ve výrobě papíru je vyrábět stále větší množství papíru za kratší čas, což vyžaduje investice do modernizace strojů. Proto je velký důraz kladen na použité technologie, pokud chce firma Papcel, a.s. uspět v těžkém konkurenčním boji a zajistit tak odbyt pro své výrobky na tuzemském či zahraničním trhu, musí rozvíjet kvalitu svých výrobků a to tím, že zvyšuje výrobní kapacity strojů a snaží se minimalizovat režijní náklady na provoz strojů a snižovat množství použitých vstupních surovin, které nejsou obnovitelné nebo nejsou příliš šetrné k životnímu prostředí.

Hlavním úkolem při činnosti firem a organizací je dosahovat co nejvyšší kvality a jakosti výrobků a služeb. Současně se však firmy musí snažit dosáhnout těchto požadavků při vynaložení co nejmenších nákladů. To je jediná možnost, jak obstát v těžkém konkurenčním boji a zajistit tak odbyt pro své výrobky na tuzemském či zahraničním trhu.

2 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA PROBLÉMU

2.1 ZAMĚŘENÍ VÝROBY

Papcel, a.s. Litovel je strojírenskou firmou, která již téměř 60 let vyrábí stroje a technologická zařízení pro papírenský průmysl. Společnost se zabývá pouze kusovou výrobou. Výroba je omezena manipulačním zařízením, a to do hmotnosti 12 tun. K dispozici má potřebná předvýrobní oddělení, technický a technologický vývoj, inženýring, konstrukci, zkušebnu, servisní služby a zejména výrobní prostory a montážní haly s veškerým technickým vybavením pro požadovanou strojírenskou výrobu.

Na realizaci projektů se v současné době podílí téměř 240 zaměstnanců. Společnost vyrábí a dodává stroje a zařízení pro kompletní linky papírenských strojů a připraven látky. Zajišťuje kusové dodávky, dodávky kompletních technologií, opravy, repase, rekonstrukce výrobních uzlů a celých technologií. Pro daná zařízení zabezpečuje náhradní díly a kompletní služby.

Výrobní program společnosti se dělí na dvě samostatné části, a to papírenské stroje a příprava látky. Výrobou papírenských strojů se společnost zabývá od roku 1950. První papírenský stroj byl zprovozněn v roce 1953. Do současnosti bylo vyrobeno a uvedeno do provozu více než 70 nových, případně rekonstruovaných papírenských, kartonových, lepenkových a speciálních strojů. Papcel, a.s. vyrábí nejen nové papírenské stroje a jejich části, ale zaměřuje se také na rekonstrukce a modernizace starších papírenských strojů, s cílem zvýšit produkci a kvalitu vyráběného sortimentu. Další oblastí činnosti jsou repase papírenských strojů. Pro zákazníky jsou zajišťovány nejrůznější formy dodávek v podobě oprav, kusových dodávek, rekonstrukcí výrobních uzlů a celých technologií. Výrobním programem v oboru papírenských, kartonových a lepenkových strojů jsou např. stroje:

- s několika síty na výrobu jedno a vícevrstevných papírů, kartonů a lepenek
- na výrobu grafických papírů
- na výrobu jednostranně hlazených papírů (např. obalových)
- na výrobu natíraných papírů
- na výrobu dekoračních papírů
- na výrobu tissue papírů
- s plochým a šikmým sítem na výrobu filtračních papírů

Papírenské stroje jsou dodávány s pracovní šířkou od 800 do 6000mm. Pracovní rychlost se pohybuje od několika m/min u pomalejších speciálních strojů, až po 1000m/min u ostatních strojů (u výroby tissue papírů do 1500m/min).

Druhou částí výrobního programu společnosti je výroba přípravné látky. Přípravná látka je technologická linka na zpracování primárních vláknin (celulóza, dřevovina, skleněná vlákna, syntetická vlákna, minerální vlákna) nebo sběrového papíru. Papcel, a.s., není pouze výrobcem a dodavatelem těchto strojů, ale také dodavatelem technického know-how, které je výsledkem systematických zkoušek nových technologických aplikací na poloprovozní zkušebně. Z praktických zkušeností také vycházejí garantované parametry, které jsou nedílnou součástí nabízených linek. Základem těchto linek jsou stroje a zařízení vyráběné v Papcel, a.s. Pro komplekci jsou využity stroje a zařízení od osvědčených subdodavatelů s bohatými zkušenostmi v papírenském průmyslu.

Obchodní aktivity jsou zaměřeny v oblasti východní Evropy především na trh Ruska, Litvy, Ukrajiny, Kazachstánu, Lotyšska a Běloruska. V rámci střední Evropy jsou hlavními odběratelskými trhy Česko, Slovensko a Polsko, v západní Evropě trhy Německa a Francie. Společnost rozšiřuje své aktivity do oblasti Asie, Afriky a Latinské Ameriky. Mezi nově získané trhy patří Řecko, Makedonie, Egypt, Tanzanie, Indie, Indonésie, Irán, Chile nebo Ekvádor.

Ve své historii společnost dodala více než 70 nových, případně rekonstruovaných linek papírenských strojů. Za období 2004-2006 se jen na teritoriu východní Evropy zprovoznilo více než 35 linek přípravné látky.

2.2 STROJNÍ VYBAVENÍ

Parcel, a.s. disponuje velkou škálou strojního zařízení, má k dispozici přes 30 strojů a to ke zpracování nejrůznějšími technologiemi. K obrábění lze použít kolem 10 druhů soustruhů a to i s CNC systémem, nejrůznější frézky, horizontální vyvrtávačky (také s CNC naváděním), obrážky a brusky. V podniku se používá několik svařovacích technologií od svařování obalovanou elektrodou až po svařování pod tavidlem. Je vybaven i tryskací kabinou, lakovací kabinou a provádí se zde mnoho technologií povrchových úprav. Provedení povlaků může být kovové, nekovové, antimagnetické a další. Po úspěšně zavedené technologii dokončování povrchu válců superfinišováním, umožňující získat vysoce kvalitní povrchy až do zrcadlového lesku, rozšiřuje společnost výrobní možnosti v

oblasti broušení povrchu válců jak klasického (brusným kotoučem), tak i s využitím vysoce produktivního broušení pomocí brusného pásu. Další velmi důležitou technologií, jejíž kvalitativní možnosti byly u nás rozšířeny, je technologie dynamického vyvažování. Kvalitní vyvážení rotujících částí (válce, rotory, hřídele, oběžná kola apod.) hraje velmi významnou roli v prevenci nadměrného opotřebení uložení (ložiska, čepy apod.) a dalších návazných částí a má zásadní vliv na klidný a bezproblémový chod strojů. Společnost disponuje novou horizontální vyvrtávačkou, jejíž parametry umožní dále rozšířit výrobní možnosti společnosti. Tato investice souvisí s dlouhodobým cílem vyrábět stroje do pracovní šíře 8000 mm. Kromě zvýšené přesnosti je výhodou nového stroje pětinasobná rychlost obrábění. Stroj je řízen numericky systémem Sinumerik 840D. K přípravě programů pro NC a CNC strojů je využíváno CAM systémů Cimatron a Kovoprog, což vede k úsporám přípravných časů přímo na stroji, protože odpadá tvorba programu na řídicím panelu stroje. Tato investice je jedním z kroků dlouhodobého programu modernizace obrobny. V rámci tohoto programu již byli nakoupeny nové CNC soustruhy a mnoho strojů prošlo opravami.



Obr. č. 1 Horizontální vyvrtávačka AFD 100 (vlevo), souřadnicová vrtačka VR 5 NC (vpravo)

Ve své práci se zaměřím na změnu výrobní technologie jednoho z nejčastěji vyráběných dílů pro papírenský stroj, tímto dílem je vysokotlaká oscilační ostřikovací trubka - VOT.

2.3 VYSOKOTLAKÁ OSCILAČNÍ OSTŘIKOVACÍ TRUBKA – VOT

VOT s elektromechanickou oscilací se používá k vysokotlakému čištění sít a plstěnců papírenských strojů čistou vodou tlakem 1,0 až 5 MPa.

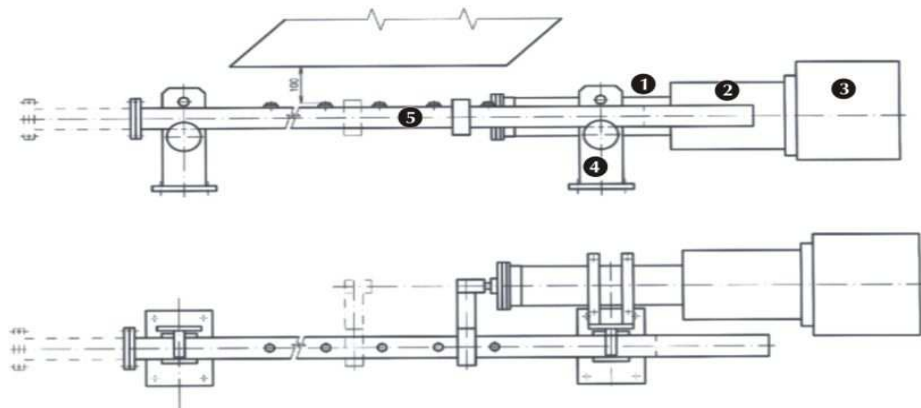
Čištění má velký vliv na životnost sít a plstěnců (zachování původních vlastností sít a plstěnců pro optimální provoz), kvalitu vyráběného papíru a spotřebu energie. Vysokotlaká ostřikovací trubka je vyráběna z antikorozi oceli ve dvojím standardním provedení:

- trubka Ø57 mm – do rozteče uchycení 3500 mm
- trubka Ø76 mm – do rozteče uchycení 5500 mm

Trubky jsou osazeny tryskami s jehlovým paprskem o Ø0,84 až 1,75 mm. Jejich vzdálenost od síta nebo plstěnce je pro správnou funkci čištění max. 100 mm. Rozteč trysek je ve vazbě na zdvih oscilátoru max. 125 mm. Na straně obsluhy je ve standardním provedení zaslepovací příruba pro případné vyčištění vnitřního prostoru a trysek. Na straně pohonu je přípoj pro vysokotlakou hadici. Trubky mohou být na zvláštní přání vybaveny čistícím kartáčem pro čištění vlastních trysek a vnitřních stěn trubek od nečistot.

Ovládání oscilace umožňuje libovolné nastavení zdvihu trubky v rozsahu délky zdvihu oscilátoru (max. 250 mm). Nastavení rychlosti posuvu může být manuální (zadání rychlosti papírenského stroje klávesnicí na ovládacím panelu) nebo automatické (rychlost posuvu je přímo odvozena od pohonu papírenského stroje). Ovládání umožňuje zapojení více oscilačních trubek na jeden ovládací panel. Součástí ovládacího panelu může být ovládání čerpadla, kontrola filtrů na vstupu i výstupu čerpadla a spouštění přívodu vody k jednotlivým oscilačním trubkám. Ovládání rovněž zajišťuje systém blokací a vazeb jednotlivých částí systému a zároveň blokaci na pohon stroje.

Ve své práci se zaměřím na technologii výroby trubky Ø76mm, protože v současné době se vyrábí VOT pro stroje, jenž mají rozteč uchycení do 5500mm.



Obr. č. 2 Schéma oscilace vysokotlaké trubky

1 – elektromechanický oscilátor s pohybovým šroubem, 2 – pohon oscilátoru, 3 – kryt oscilátoru, 4 – stojany posuvu ostříkové trubky, 5 – ostříková trubka



Obr. č. 3 VOT připravená k montáži do papírenského stroje



Obr. č. 4 VOT v papírenském stroji

3 OBRÁBĚNÍ TĚŽKO OBRÖBITELNÝCH MATERIÁLŮ

V této části se nejprve zaměřím na obecné podmínky obröbitelnosti materiálu a dále na obrábění těžkoobrobitelných materiálů vrtáním, frézováním a soustružením.

3.1 OBROBITELNOST MATERIÁLU

Vlastnosti materiálu obrobku jsou jedním z činitelů ovlivňujících hospodárnou volbu řezných podmínek, ke kterým patří řezná rychlost, posuv nástroje a hloubka třísky. Proto byl zaveden pojem obröbitelnost materiálu, který zahrnuje více fyzikálních vlastností materiálu, jenž mají svůj vliv při obrábění.

Lze ji posuzovat z mnoha hledisek, v praxi jsou nejvýznamnější tato hlediska:

- obröbitelnost podle řezné rychlosti - vliv vlastností obráběného materiálu na rychlost otupování břitu řezného nástroje a na teplotu při obrábění. Tyto vlastnosti určují velikost řezné rychlosti.
- obröbitelnost podle řezného odporu – vliv obráběného materiálu na velikost sil, působících při obrábění na nástroj.
- obröbitelnost podle drsnosti povrchu – vliv obráběného materiálu na jakost opracované plochy.
- obröbitelnost podle utváření třísek – vliv vlastností obráběného materiálu na utváření třísek při obrábění.

3.1.1 VLIV RŮZNÝCH ČINITELŮ NA OBROBITELNOST

Činitelé ovlivňující obröbitelnost:

- chemické složení
- způsob výroby a tepelné zpracování
- mikrostruktura oceli

Z nich vyplývají mechanické a fyzikální vlastnosti, např. pevnost, tvrdost, tažnost, atd. Není možné brát jednotlivé činitele odděleně, protože všechny se navzájem ovlivňují.

3.1.2 VLIV MIKROSTRUKTURY NA OBROBITELNOST

Základními strukturními součástmi konstrukčních ocelí jsou ferit a perlit. Ferit, především nelegovaný, je velmi měkký, tvárný a houževnatý. Jeho tvrdost je přibližně 80HB. Snadno se deformuje, nepatrně odírá plochy nástroje a působí molekulární adhezi. Díky svým vlastnostem a za přispění tlaku a teploty se nalepuje na funkční (pracovní) plochy nástroje a způsobuje zvýšení koeficientu tření a teploty řezání. Při opakovaném oddělování takto vzniklého nárůstku odnáší v určité míře povrchové částice materiálu nástroje, což nepříznivě působí na drsnost obrobené plochy. Legovaný ferit nezpůsobuje molekulární adhezi v tak vysoké míře, a proto má menší vliv na otupování nástroje a drsnost obrobené plochy.

Perlit je eutektoidní směs feritu a cementitu a na obrobitelnost působí:

- molekulární adhezí feritu
- abrazivním účinkem cementitu

Cementit je velmi křehká a tvrdá strukturní součást, jejíž tvrdost přesahuje tvrdost zakalené rychlořezné oceli. Dosahuje tvrdosti až 1000HV. V perlitu se vyskytuje zpravidla ve formě destiček (lamel) uložených rovnoběžně vedle sebe v základní feritické hmotě. Takový perlit se označuje jako lamelární perlit. Cementit v lamelárním perlitu působí silně abrazivně na nástroj. Po žíhání na měkko vzniká perlit globulární, v němž je perlit ve formě zrn (globulí). Globulární perlit je měkčí a má ve srovnání s lamelárním perlitem mnohem menší abrazivní účinek na nástroj. Nalepuje se však na břit, a tím zvyšuje tření a následně i teplotu řezání.

V ocelích nízkouhlíkových, v jejichž struktuře převažuje ferit, omezuje lamelární perlit nalepování feritu na nástroj a působí tak příznivě na obrobitelnost, jak z hlediska řezné rychlosti, tak z hlediska drsnosti povrchu. V ocelích s vyšším obsahem uhlíku (nad 0,3%) dává naopak lepší obrobitelnost perlit globulární.

U ocelí nadeutektoidních tvoří základní strukturu perlit a cementit. Od poměru množství perlitu a cementitu se odvíjí obrobitelnost těchto ocelí. Cementit působí na nástroj značně abrazivně. Obrobitelnost těchto ocelí lze zlepšit žíháním na měkko.

Austenit je poměrně měkký, značně tvárný a houževnatý. Jeho význačnou vlastností je nízká tepelná vodivost při normální teplotě, která se téměř nemění se zvyšující se teplotou. Při obrábění způsobují síly na břitu nástroje molekulární adhezi tažného a houževnatého austenitu, což se projevuje tvořením nárůstku na břitu nástroje. Tvořením nárůstku dochází ke zvýšení koeficientu tření mezi nástrojem a obráběným materiálem, a tím i ke zvýšení teploty řezání. Zvýšená teplota na břitu nástroje podporuje intenzivnější nalepování materiálu na břit nástroje. Nárůstek se v průběhu obrábění opakovaně odděluje a působením molekulárních sil unáší částice řezného materiálu z povrchu nástroje. Vzhledem k nízké tepelné vodivosti austenitické oceli dochází ke značné koncentraci tepla a ke zvýšení teploty v místě vzniku tepla, což vede ke značnému tepelnému zatížení břitu. Tato skutečnost vyžaduje snížení řezné rychlosti a také přispívá k intenzivnímu vzniku nárůstků.

Martenzit a bainit vzniká z austenitu při ochlazování nadkritickou rychlostí. Vyznačují se vysokým abrazivním účinkem a tvrdostí. Čistě martenzitická nebo bainitická struktura je obrobitelná pouze broušením. Bainitická struktura vzniká zejména u korozivzdorných chromových ocelí se středním až vyšším obsahem uhlíku. Po zakalení a popouštění tzv. poloferitických chromových ocelí vzniká bainitická struktura s řádky feritu, jenž zlepšuje obrobitelnost.

3.1.3 VLIV CHEMICKÉHO SLOŽENÍ

Vliv chemického složení se projevuje podle toho, jak působí na strukturu ocelí.

UHLÍK – uhlíkové oceli s obsahem 0,1 až 0,15% C se obrábějí špatně. Tyto oceli mají převážně feritickou strukturu, vysokou tažnost a houževnatost. Se stoupajícím obsahem uhlíku do 0,25 až 0,3% u nelegovaných ocelí se obrobitelnost zlepšuje. Při obsahu nad 0,3% C se obrobitelnost se stoupajícím obsahem uhlíku opět snižuje.

MANGAN – má obdobný vliv jako uhlík. Obrobitelnost se poněkud zlepšuje až do obsahu 1% Mn, nad tento obsah se obrobitelnost opět zhoršuje. Při obsahu nad 12% dostávají oceli austenitickou strukturu a značně se zhoršuje obrobitelnost.

KŘEMÍK – podobně jako mangan zvyšuje tvrdost ocelí tím, že leguje ferit. Ve formě oxidu SiO_2 má vysoký abrazivní účinek na nástroj a tím zhoršuje obrobitelnost.

SÍRA – s manganem tvoří síran, který napomáhá utváření a oddělování třísky a tím zlepšuje obrobitelnost. Zhoršuje mechanické vlastnosti, zejména vrubovou houževnatost.

FOSFOR – tvoří fosfid železa Fe_3P , který způsobuje křehkost feritu, zvyšuje lámavost třísek, zlepšuje jakost povrchu, a tím zlepšuje obrobitelnost. Způsobuje obdobné nepříznivé účinky na mechanické vlastnosti jako síra.

OLOVO – v železe se nerozpouští. Podobně jako síra pomáhá utvářet a oddělovat třísku, nemá ale špatný vliv na mechanické vlastnosti.

CHROM – společně s uhlíkem tvoří v železe stálé karbidy. Chrom snižuje obrobitelnost úměrně s obsahem uhlíku. V oceli s vysokým obsahem chromu se vytváří tzv. intermetalická sloučenina FeCr , která zhoršuje obrobitelnost. Chrom v korozivzdorných a žáruvzdorných litinách tvoří karbidy, jejichž tvrdost přesahuje 1000HV a tím velmi snižuje obrobitelnost.

NIKL – tvoří se železem tuhý roztok. Jeho vliv na obrobitelnost je znatelný až při větším obsahu, přes 8%, kdy spolu s chromem nebo manganem tvoří austenitickou strukturu s velmi zhoršenou obrobitelností. Nikl je základním prvkem korozivzdorných a žáruvzdorných slitin, jeho obrobitelnost je jen o něco málo horší než obrobitelnost měkkých ocelí. Nikl ale tvoří houževnaté a pevné tuhé roztoky s přísadami, a ty mají vliv na obrobitelnost.

3.1.4 VLIV ZPŮSOBU VÝROBY A TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ

Určitý vliv na obrobitelnost má způsob výroby. Neuklidněné oceli mají lepší obrobitelnost než oceli uklidněné. Obrobitelnost oceli výrazně zlepšuje deoxidace pomocí CaSi , který tvoří chemické sloučeniny zamezující otěru. Oceli konvertorové mají lepší obrobitelnost než oceli vyráběné v martinských nebo elektrických pecích, což je dáno jejich vyšším obsahem fosforu a dusíku.

Tepelné zpracování ovlivňuje podstatně mikrostrukturu oceli, a tím nepřímo i obrobitelnost oceli.

3.1.5 ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ DO SKUPIN OBROBITELNOSTI

Materiály se dělí do tzv. skupin obrobitelnosti podle řezné rychlosti, v nichž se podmínky obrábění pohybují v určitých, předem stanovených mezích.

Materiály třídíme do skupin obrobitelnosti podle toho, kolik můžeme obrobit množství třísek, co do váhy i tvaru, za stejných nákladů (stejnou řeznou rychlostí, při stejné spotřebě nářadí, při stejné spotřebě energie atd.). Rozdíl obrobitelností, je poměr řezných rychlostí odpovídající stejné trvanlivosti nástroje, u dvou sousedních skupin je za stejných řezných podmínek konstantní a rovný hodnotě 1,26.

Materiály dávající krátkou třísku (litina, bronz, slitiny hliníku apod.) se dělí do 20-ti skupin, označených písmenem *a*. Materiály dávající dlouhou třísku (ocel a ocel na odlitky) se dělí také do 20-ti skupin, ale označených písmenem *b*. Tyto skupiny materiálů se dále značí arabskými číslicemi 1 až 20, a to tak, že materiály s nejhorší obrobitelností jsou označeny číslem 1, se zlepšující se obrobitelností stoupá číslo skupiny.

3.2 OBECNÉ PODMÍNKY PRO OBRÁBĚNÍ TĚŽKOOBROBITELNÝCH MATERIÁLŮ

Pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů je obecně třeba volit tuhé obráběcí stroje v dobrém stavu s vymezenými vůlemi posuvových mechanismů, saní, supportů a ložisek vřetena. Je třeba vyvarovat se ručních posuvů, proto stroje musí být vybaveny strojními posuvy. Velikost stroje by měla být větší, než velikost stroje pro běžné konstrukční oceli. Výkon motoru musí samozřejmě odpovídat zvoleným řezným podmínkám, hlavně při hrubování.

Upnutí nástrojů a obrobků musí zaručit dostatečnou tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek. Nedostatečná tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek je příčinou vzniku chvění a způsobuje nesprávný geometrický tvar obrobku, zrychlené opotřebení nebo i poškození břitu nástroje. Chvění způsobuje při obrábění materiálů, které mají schopnost zpevňování (austenitické oceli a slitiny), znemožnění dalšího obrábění. Nástroje s VBD je možno použít pouze pokud je zajištěna dostatečná tuhost nástroje a naprosto tuhé upnutí břitových destiček.

Břity nástrojů musí být odborně a pečlivě ostřeny. Přípustné opotřebení břitů se volí poloviční než u obrábění běžných konstrukčních ocelí. Součásti z oceli pro zušlechťování a ocelí a slitin pro vytvrzování je třeba obrábět co nejméně v žíhaném stavu, v kaleném a zušlechtěném nebo vytvrzeném stavu provádět jen dokončovací operace. U vytvrditelných ocelí a slitin je potřeba počítat s rozměrovými změnami během vytvrzování. Naopak při obrábění austenitických ocelí a slitin, u nichž dochází ke zpevňování obrobeného povrchu, nemá být přídavek na obrábění (mimo broušení) menší než 0,1mm, a také posuv na břit nástroje musí být okolo 0,1mm. Je potřeba vydatně chladit vhodnou řeznou kapalinou.

Zvýšení produktivity, při obrábění těchto materiálů, se dosahuje obráběním za tepla. Ohřátím materiálu na teplotu okolo 600°C se zmenšuje řezný odpor až o 50%. Tím se snadněji odděluje tříska, můžeme zvýšit řeznou rychlost a docílíme tak zvýšení trvanlivosti břitu. Je ale nutno brát ohledy na změny ve struktuře obráběného materiálu při tomto ohřevu.

3.3 VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ A VYSTRUŽOVÁNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ

Vrtání těžkoobrobitelných materiálů je spojeno s určitými obtížemi, způsobenými především velkou stříhovou pevností, vysokou houževnatostí a adhezním působením obráběných materiálů na poměrně dlouhý a málo tuhý nástroj. Vyvrtané otvory, u nichž se požaduje přesnější geometrický tvar, rozměrová přesnost a lepší jakost povrchu se dále obrábí výhrubníky a výstružníky. Vyhrubování těžkoobrobitelných materiálů nečiní zpravidla větší problémy, naopak vystružování patří mezi nejobtížnější operace.

Pro vrtání těžkoobrobitelných materiálů, je třeba volit především vrtáky se zesíleným jádrem a s kuželovou stopkou, popř. se zesílenou kuželovou stopkou.

Pro vrtání houževnatých materiálů se doporučuje vyleštění drážek, aby se zamezilo tvoření nárustku a usnadnil odchod třísek. Pro měkčí a houževnaté materiály (např. vysokolegované oceli chromové atp.) je možno aplikovat i vhodnou povrchovou úpravu ke zvýšení odolnosti proti adheznímu otěru, ke zlepšení kluzných vlastností břitu a zlepšení podmínek pro vytváření kluzného filmu řezných kapalin.

Při vrtání titanu a jeho slitin mají vrtáky sklon k zadírání, vyvrtaná díra se stahuje. Doporučuje se rovněž vyleštění drážek vrtáku, dále se vyžaduje zúžení příčného břitu a zúžení vodících fazetek vrtáku.

Při vrtání ocelí a slitin, které mají sklon ke zpevňování obrobeného povrchu (austenitických ocelí a slitin), je třeba vždy vrtat strojním posuvem. Otáčením vrtáku bez posuvu vzniká na dně díry tvrdá zpevněná vrstva, která se velmi obtížně vyvrtává. Proto nelze použít ručních vrtaček. Vznikne-li však takto zpevněná vrstva, je možno ji vyvrtat vrtákem s menším úhlem špičky.

Pro výhrubníky a výstružníky se slinutým karbidem se doporučují trojnásobné řezné rychlosti než pro nástroje rychlořezné, posuv se naopak snižuje asi o 1/5.

Při vrtání, vyhrubování a vystružování je třeba vždy vydatně chladit vhodnou řeznou kapalinou. Řezné kapaliny při vystružování ovlivňují konečný průměr vystružené díry.

3.4 FRÉZOVÁNÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ

Frézování těžkoobrobitelných materiálů je v podstatě bez potíží při práci čelními frézami a frézovacími hlavami. Naproti tomu frézování válcovými frézami je možné jen u některých materiálů (např. u vysokolegovaných chromových ocelí apod.). U materiálů s vysokou pevností a tvrdostí, u ocelí a slitin, u nichž dochází k intenzivnějšímu zpevňování během obrábění, je frézování válcovými frézami prakticky nemožné.

Pro obrábění volíme přednostně frézovací nástroje se slinutými karbidy, převážně s houževnatějšími druhy. Frézy z rychlořezné oceli se volí tehdy, pokud konstrukce frézy neumožní použít slinutého karbidu a vyjímecně i tehdy, pokud povaha práce (málo tuhý obrobek, málo tuhé upnutí obrobku, nedostatečná tuhost frézky) nedovoluje použití frézy s břity ze slinutého karbidu. Z frézovacích nástrojů jsou nejvýkonnější frézovací hlavy a čelní frézy s břity ze slinutého karbidu. Frézovací hlavy a frézy s VBD je možno použít, pokud jejich tuhost a upnutí břitových destiček je pro danou práci vyhovující.

Při práci na svislých frézkách (pokud to není na závadu) se doporučuje vyklonit frézovací hlavu tak, aby se nože, které nejsou v záběru neodíraly o obrobený materiál.

U frézy může docházet k vylamování zubů, a to při příliš velkém posuvu na zub, při malé řezné rychlosti, při větším házení břitů frézy, nebo vzniká-li při obrábění chvění.

3.5 SOUSTRUŽENÍ TĚŽKO OBRÁBĚLÝCH MATERIÁLŮ

Soustružení těžkoobrobitelných materiálů činí ze všech operací poměrně nejméně potíží. Řezné materiály se volí s ohledem na požadované vlastnosti – řezivost, otěruvzdornost a houževnatost. Přednostně se používají soustružnické nože se slinutým karbidem. Povlakované břitové destičky se používají jen jako vyměnitelné a pro obrábění je lze uplatnit v omezeném rozsahu po ověření jejich vhodnosti pro obráběný materiál a operaci. Rychlořezné soustružnické nože je možno volit jen v těch případech, kde druh nože (upichovací a tvarové nože, vnitřní zapichovací nože apod.) nebo povaha práce (málo tuhý obrobek, málo tuhé upnutí obrobku, omezená řezná rychlost, nedostatečný výkon nebo tuhost stroje) nedovoluje použít soustružnické nože se slinutým karbidem. Nožové držáky s VBD je možno opět použít jen tam, kde tuhost nožového držáku a tuhost upnutí destičky je pro danou práci dostačující. Pro soustružnické nástroje se používají především trojúhelníkové nebo čtvercové destičky v provedení pro negativní a pozitivní úhel čela.

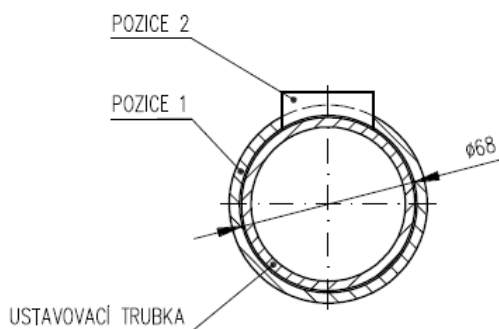
Optimální geometrie soustružnických nožů závisí na obráběném materiálu a na pracovních podmínkách. Proto není možné ji stanovit přesně pro každý materiál. Negativní úhel čela není vhodný pro obrábění ocelí a slitin, které mají schopnost zpevňování po obrábění (austenitické oceli a slitiny atd.).

4 OPTIMALIZACE VÝROBY KONKRÉTNÍ SOUČÁSTI

4.1 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Stávající technologie výroby svařence trubky dle čísla výkresu 5213.176.001 S3, viz příloha č. 1, spočívá ve vyvrtání otvorů Ø35 na horizontální vyvrtávačce

AFD 100. Do těchto otvorů se složitě ustavují náboje, poz. 2. Ustavení nábojů probíhá za pomoci další kruhové trubky (tzv. ustavovací trubka) s menším vnějším průměrem než je vnitřní průměr trubky svařence. Ustavovací trubka se zasouvá do trubky svařence a slouží jako doraz pro náboje, viz obr. 5.

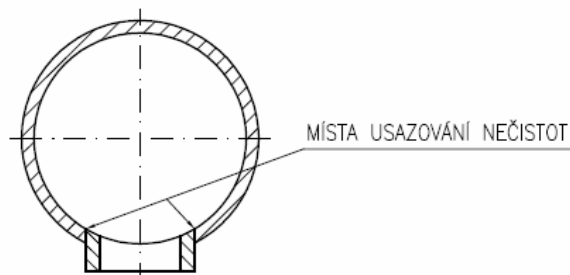


Obr. č. 5 Schéma ustavení nábojů vůči trubce podle staré technologie

Pak se přivaří pozice 3, 4 (viz příloha č. 5) a 5. Všechny svary se provádí metodou WIG a jsou vodotěsné. Po svaření následují obráběcí operace. Na soustruhu SUS 63 se zarovnají čela na délku 5950mm. V pozici 5 se obrobí drážka o $\text{Ø}75\text{H}11$ šířce $4\pm 0,1$ do hloubky $2,4\text{H}11$, vnitřní průměr se vysoustruží na $\text{Ø}68\text{H}8$. Na pozici 4 se opracuje $\text{Ø}91\text{d}9$ a obrobí sražení $4\times 45^\circ$ a $5\times 30^\circ$. Následuje tlaková zkouška vodotěsnosti svarů. V případě těsnosti všech svarů se na horizontální vyvrtávačce AFD 100 frézují čela nábojů (pozice 2) na požadovaný rozměr 43mm a vrtají otvory o $\text{Ø}25,5\text{mm}$.

Operace na horizontální vyvrtávačce AFD 100 je časově nejnáročnější a vzhledem k vysoké hodinové sazbě i nejdražší. Díky potřebě vyšší kvalifikovanosti obsluhy horizontální vyvrtávačky AFD 100, vysoké hodinové sazbě a vytíženosti stroje, je snahou tyto svařence obrábět na pracovišti s nižšími nároky na kvalifikovanost obsluhy a s nižší hodinovou sazbou.

Tato metoda sestavení trubky je značně prostorově náročná a zdlouhavá. Navíc zkušenosti s tímto typem konstrukce říkají, že nečistoty obsažené v ostřikovací vodě, která proudí trubkou, se zachytávají na hranách tvořených nábojem a otvorem v trubce (obr. 6). Toto zachytávání nečistot snižuje funkci ostřikovací trubky.



Obr. č. 6 Místa usazování nečistot

Stávající technologický postup viz příloha č. 2.

4.2 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE

Návrh nové technologie je založen na 3 základních změnách vůči stávající technologii:

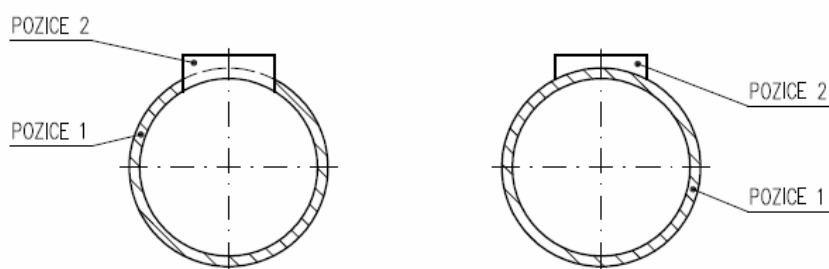
- konstrukční úpravy svařence trubky
- sestavení pozic 1 a 2, dle č. v. 5213.252.001 S3 viz. příloha č. 3, pomocí sestavovacího přípravku
- vrtání děr o $\varnothing 25,5\text{mm}$ v pozici 2, dle č. v. 5213.252.001 S3 viz. příloha č. 3, bude realizováno pomocí upínacího přípravku, díky němuž můžeme zvolit i jiný obráběcí stroj

4.2.1 NÁVRH KONSTRUKČNÍCH ÚPRAV SVAŘENCE TRUBKY

Z důvodu odstranění soustružnických prací na celkovém svařenci navrhuji následující úpravy:

- Náboje (pozice 2) nebudou vsazovány do předem vyvrtaných otvorů v trubce (pozice 1), ale budou přivařeny přímo na trubku, viz. obr. 7. Náboje budou ustavovány pomocí sestavovacího přípravku viz příloha č. 7. Změnou konstrukčního uspořádání trubky a nábojů dojde mimo jiné i k odstranění

problému s usazováním nečistot na hranách tvořených nábojem a otvorem v trubce.



Obr. č. 7 Schéma přivařování nábojů dle stávající technologie (nalevo) a navrhované technologie (napravo)

- celkové opracování pozice 3 dopředu, před svařením, dle výkresu 2300.127.000 D4, viz příloha č. 4.
 - na pozici 5 změnu celkového tvaru. Úprava se týká změny tvaru příruby, kdy příruba bude delší o tzv. krček, který má vnější průměr shodný s průměrem trubky, tedy $\varnothing 76\text{mm}$. Další soustružnické operace, které se podle stávající technologie prováděli přímo na vrcholové sestavě svařence se provedou přímo na tomto dílu, před svařením.
- Výkres příruby 2301.159.001 D4, viz příloha č. 6.

4.2.2 NÁVRH SESTAVOVACÍHO PŘÍPRAVKU

Ustavení nábojů bez pomoci přípravku je značně časově náročné a v konečném důsledku i málo přesné. Díky této nepřesnosti bylo nutné, při použití stávající technologie, čela nábojů frézováním zarovnat. Strojní operace frézování čel na sestavě svařence mi přišla značně zbytečná a zaměřil jsem se na ní i díky vytíženosti a hodinové sazbě horizontální vyvrtávačky AFD 100.

Z těchto důvodů navrhuji sestavovací přípravek pro ustavení nábojů (pozice 2) vůči trubce (pozice 1). Přípravek se skládá z rámu, ke kterému je přišroubována lišta. Lišta je opracovaný plocháč s vyfrézovanými kruhovými zhloubeními. Jednotlivá zhloubení mají mezi sebou rozteč, jenž udává výkres svařence trubky. Do těchto zhloubení se ustaví jednotlivé, předem na míru opracované, náboje. Na opracované náboje, do jejich

vyfrézovaného rádiusového profilu, se usadí trubka a shora přitáhne prizmatem pomocí šroubu. Jediné co musí pracovník provádějící sestavení je proměřit vzdálenost prvního náboje od začátku trubky. Přípravek jsem nekonstruoval dlouhý jako samotný svařenec, ale kvůli manipulaci, skladnosti a ceně má jen asi čtvrtinovou délku než je délka celého svařence trubky. Proto po svaření nábojů, jenž dovolí přípravek, je nutno trubku uvolnit z přípravku a ustavit další náboje kromě prvního. Podle prvního zahloubení, se ustaví svařenec trubky s již přivařenými náboji.

Konstrukce přípravku umožňuje sestavit jakkoli dlouhý svařenec a díky liště, jenž je přišroubovaná k rámu, je možné sestavovat svařence s různou roztečí nábojů. Výkresová dokumentace sestavovacího přípravku viz příloha č. 7.

4.2.3 NÁVRH UPÍNACÍHO PŘÍPRAVKU

Upnutí musí být dostatečně tuhé. Musí zajistit přesnou a jednoznačnou polohu obrobku vůči činným částem obráběcího stroje. Upínací přípravek musí spolehlivě a rychle zajistit tyto vlastnosti.

Proto navrhuji upínací přípravek, viz příloha č. 8, pro upnutí svařence trubky na stůl souřadnicové vrtačky VR 5 NC . Přípravek se skládá ze dvou konzol, které se pomocí standardních úpinek přišroubují k pracovnímu stolu stroje. Vymezení přesné polohy vůči ose X obráběcího stroje je zajištěna díky přesně frézovanému profilu na spodní desce konzoly přípravku, který zapadá a je lícován s drážkou v pracovním stole obráběcího stroje. Samotné upnutí svařence zajistí matice jenž je součástí konzoly.

Konzoly přípravku se na pracovním stole stroje rozmístí tak, že každá konzola bude upnuta na jednom protilehlém konci pracovního stolu, ve stejné T-drážce. Přesnou vzdálenost mezi konzolami nám určí svařenec. Po vyvrtání otvorů, které dovolí pojezd stroje v ose X, se svařenec uvolní a znova upne tak, aby bylo možné vrtat zbývající otvory.

Upínací přípravek je navržen tak, že umožňuje upnutí svařence trubky libovolné délky s libovolnou roztečí vrtaných otvorů.

4.2.4 NÁVRH NOVÉHO STROJE

Navrhuji souřadnicovou vrtačku VR 5 NC vybavenou řídicím systémem NS 632 A. Stroj je určen pro vrtání, vyvrtávání, vystružování otvorů, řezání závitů a lehké frézování. Je vhodný pro obrábění rozměrných plochých obrobků. Stroj má číslicově řízeny osy X, Y, Z. Osa X je tvořena pojezdem stolu po loži, osa Y pojezdem vřeteníku po příčnίκu a osa Z výsuvem vřetena.

Použitím tohoto stroje docílíme snížení kvalifikovanosti obsluhy, snížení vytíženosti horizontální vyvrtávačky AFD 100 a snížení celkové ceny obrábění díky nižší hodinové sazbě.

Hlavní technické parametry stroje jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tab. 1 Hlavní technické parametry souřadnicové vrtačky VR 5 NC

HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY		
Max. průměr vrtání do oceli - 600 MPa	mm	50
Max. průměr vrtání do litiny - 250 MPa	mm	60
Rozsah otáček vřetene	min ⁻¹	28-2500
Kužel ve vřetenu	ISO	40
Rozměry plochy pracovního stolu	mm	1600 x 1000
Max. hmotnost obrobku	kg	2000
Max. pojezd stolu v ose X	mm	1360
Max. pojezd vřeteníku v ose Y	mm	1000
Max. zdvih objímky vřetene v ose Z	mm	285
Max. přestavení příčnίκu	mm	875
Vzdálenost mezi stojany	mm	1600
Rozsah posuvů v osách X, Y, Z	mm.min ⁻¹	1 - 2700
Rychloposuv v osách X, Y	mm.min ⁻¹	8000
Rychloposuv v ose Z	mm.min ⁻¹	2700
Výkon hlavního elektromotoru	kW	4,0
Celkový příkon stroje	kVA	9,0
délka x šířka x výška	mm	4570 x 3360 x 3640
Hmotnost stroje	kg	8810



Obr. č. 8 Souřadnicová vrtačka VR 5 NC

5 DISKUZE EXPERIMENTŮ

5.1 VRTÁK HssCo POUŽÍVANÝ PŘI STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGII

Díry o $\varnothing 25,5\text{mm}$ v nábojích ostřikovací trubky se podle stávající technologie obrábí vrtákem HssCo bez povlaku. Řezné podmínky nastavované na stroji při vrtání jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Řezné podmínky pro vrták HssCo

$v_c [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	$N [\text{ot}^{-1}]$	$f_n [\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}]$	$f_m [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$
10	150	0,18	27

5.2 VRTÁK S VBD OD FIRMY YESTOOL

Ve výrobě byl zkoušen vrták s vyměnitelnou břitovou destičkou (VBD) od firmy YESTOOL. Zkouška vrtáku byla prováděna na svařenci ostřikovací trubky. Obrábění tímto typem vrtáku dovoluje vyšší hodnoty řezných podmínek. Vrtání probíhalo při řezných podmínkách viz tab. 3.

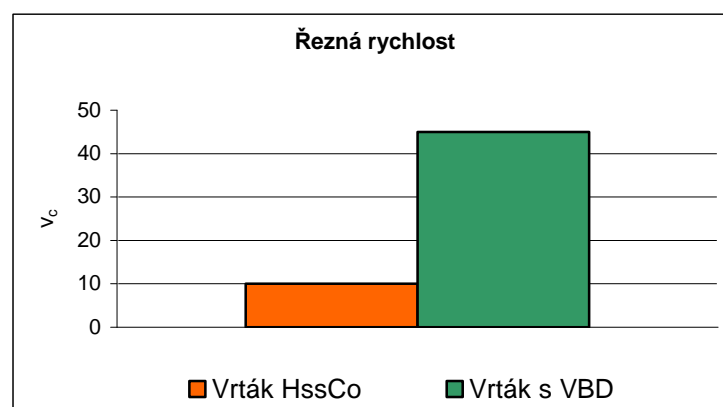
Tab. 3 Řezné podmínky pro vrták s od firmy YESTOOL

v_c [m.min ⁻¹]	N [ot ⁻¹]	f_n [mm.ot ⁻¹]	f_m [mm.min ⁻¹]
45	750	0,25	187,5

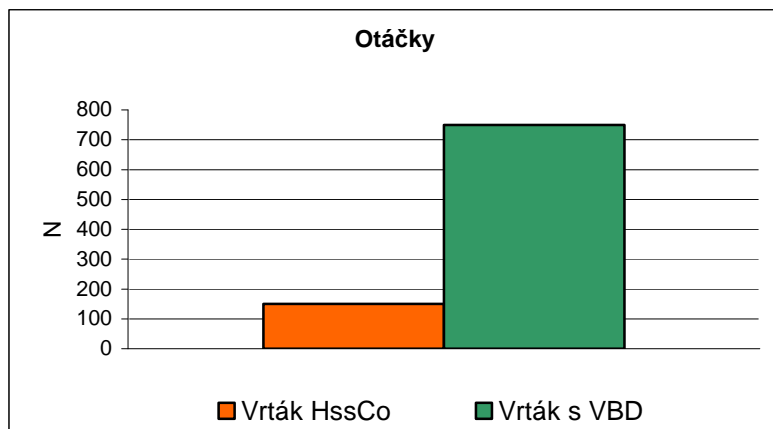


Obr. č. 9 Vrták s VBD typu YTDI a vyměnitelná břitová destička typu ID od firmy YESTOOL

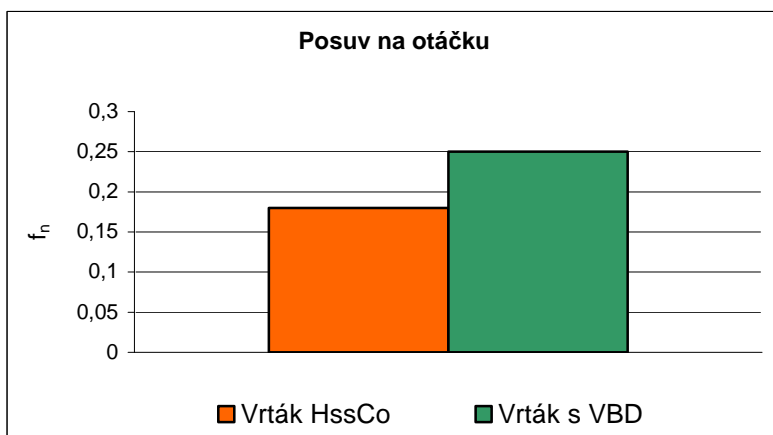
5.3 POROVNÁNÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK OBOU VRTÁKŮ



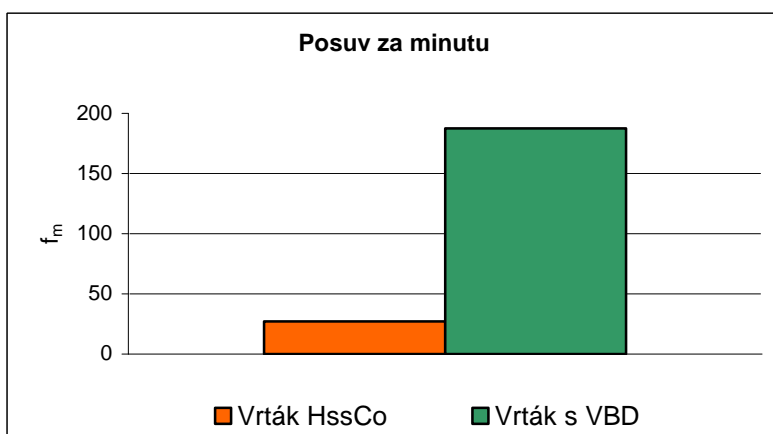
Graf č. 1 Porovnání řezných rychlostí [m.min⁻¹]



Graf č. 2 Porovnání otáček [ot^{-1}]



Graf č. 3 Porovnání posuvu na otáčku [mm.ot^{-1}]

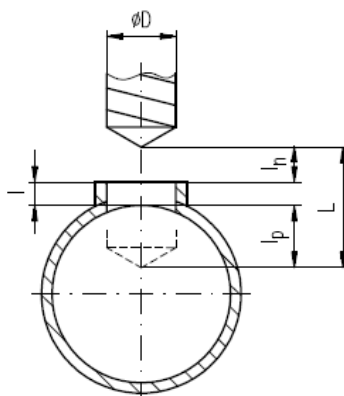


Graf č. 4 Porovnání posuvu za minutu [mm.min^{-1}]

Z grafů je patrné, že při použití vrtáku s VBD můžeme obrábět vyššími řeznými parametry, než při použití klasického, dosud používaného HssCo vrtáku. Je ovšem nutné zajistit dostatečně tuhé upnutí vrtáku ve vřetení stroje a břitová destička musí být rovněž dostatečně upnuta v tělese vrtáku.

5.4 POROVNÁNÍ STROJNÍCH ČASŮ

Porovnáním se pokusím dokázat přínosy zavedení vrtáku s VBD. Strojní časy jsou počítány pro vrtání otvorů na ostříkovací trubce s 46 otvory dle výkresu 5213.252.001 S3, viz příloha č. 3. Úspory jsou počítány pro souřadnicovou vrtačku VR 5 NC.



Obr. č. 10 Schéma vrtání otvoru

L – celková dráha posuvu [mm]

l – tloušťka vrtaného materiálu [mm]

l_n – náběh [mm]

l_p – přeběh [mm]

t_1 – strojní čas pro vrtání jednoho otvoru HssCo vrtákem [min]

t_2 – strojní čas pro vrtání jednoho otvoru vrtákem s VBD [min]

t_{c1} – celkový strojní čas pro vrtání HssCo vrtákem [min]

t_{c2} – celkový strojní čas pro vrtání vrtákem s VBD [min]

f_{m1} – posuv za minutu pro HssCo vrták [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

f_{m2} – posuv za minutu pro vrták s VBD [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]

i – počet otvorů [ks]

Strojní čas při vrtání jednoho otvoru HssCo vrtákem podle stávající technologie.

$$t_1 = \frac{L}{f_{m1}} = \frac{l_n + l + l_p}{f_{m1}}$$
$$t_1 = \frac{10 + 9 + 12}{27}$$
$$\underline{\underline{t_1 = 1,148 \text{ min}}}$$

Strojní čas při vrtání jednoho otvoru vrtákem s VBD.

$$t_2 = \frac{L}{f_{m2}} = \frac{l_n + l + l_p}{f_{m2}}$$
$$t_2 = \frac{10 + 9 + 12}{187,5}$$
$$\underline{\underline{t_2 = 0,165 \text{ min}}}$$

Celkový strojní čas při vrtání všech 46 otvorů HssCo vrtákem podle stávající technologie.

$$t_{c1} = t_1 \cdot i$$
$$t_{c1} = 1,148 \cdot 46$$
$$\underline{\underline{t_{c1} = 52,808 \text{ min}}}$$

Celkový strojní čas při vrtání všech 46 otvorů vrtákem s VBD.

$$t_{c2} = t_2 \cdot i$$
$$t_{c2} = 0,165 \cdot 46$$
$$\underline{\underline{t_{c2} = 7,59 \text{ min}}}$$

U – celková úspora na jednu VOT [Kč]

R_N – režijní náklady na provoz stroje [Kč.hod⁻¹]

t_{c1} – celkový strojní čas pro vrtání HssCo vrtákem [min]

t_{c2} – celkový strojní čas pro vrtání vrtákem s VBD [min]

Celková úspora při výrobě jednoho kusu VOT se 46 otvory. Režijní náklady souřadnicové vrtačky VR 5 NC jsou 700 Kč.hod⁻¹.

$$U = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{60} \cdot R_N$$
$$U = \frac{52,808 - 7,59}{60} \cdot 700$$
$$\underline{\underline{U = 527,54 \text{ Kč}}}$$

Úspora při výrobě jedné VOT činí 527,- Kč, což při pořizovací ceně vrtáku s VBD, která je 8142,- Kč viz příloha č. 9, není příliš příznivé. Na to, aby se nám náklady vložené do pořízení jednoho vrtáku vrátily, je zapotřebí vyrobít 16ks VOT. Vezmeme-li v úvahu počet vyráběných VOT ročně, což je v průměru 12ks, tak jeden vrták se nám na úsporách zaplatí za ne celý jeden a půl rok.

Pořízením vrtáku s VBD se značně sníží strojní čas při vrtání otvorů, ale kvůli vysoké pořizovací ceně vrtáku je návratnost této investice poněkud zdlouhavá, a proto nákup tohoto vrtáku stojí za další zvážení.

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při porovnávání se zaměřím pouze na operace, kde dojde ke změnám vůči stávající technologii, což jsou operace vrtání, frézování a soustružení. U těchto operací se projeví úspory času při využití přípravků, konstrukčních úprav nebo nových technologií. Přípravné a hlavní časy pro stávající technologii беру ze stávajícího pracovního postupu, viz příloha č. 2. Časy pro novou technologii vycházejí z měření a zkoušek, jenž se prováděly při výrobě VOT novou technologií. Porovnání výrobních časů stávající a navrhované technologie je v tabulce č. 4.

t_{AC} – hlavní čas strojní operace [min]

t_{BC} – přípravný čas strojní operace [min]

Tab. 4 Porovnání výrobních časů v minutách

	Vrtání		Frézování		Soustružení	
	t_{AC}	t_{BC}	t_{AC}	t_{BC}	t_{AC}	t_{BC}
Stávající technologie	495	80	239	30	135	80
Nová technologie	202	42	0	0	30	25
Úspora	293	38	239	30	105	55

U – celková úspora na jednu VOT [Kč]

U_R – celková úspora při výrobě průměrné roční dávky VOT [Kč]

R_N – režijní náklady na provoz stroje [Kč.hod⁻¹]

t_{U1} – celková časová úspora při výrobě jedné VOT [min]

i – počet kusů [ks]

Celková úspora při výrobě jedné VOT v Kč

$$U = \frac{t_{U1}}{60} \cdot R_N$$

$$U = \frac{760}{60} \cdot 700$$

$$\underline{\underline{U = 8867,-Kč}}$$

Celková úspora při výrobě průměrné roční dávky VOT v Kč. Ve společnosti Papcel, a.s. se průměrně vyrobí 12ks VOT za rok.

$$U_R = U \cdot i$$

$$U_R = 8867 \cdot 12$$

$$\underline{\underline{U_R = 106404,-Kč}}$$

Celková úspora při výrobě jednoho kusu VOT činí 8867,-Kč. Při výrobě průměrné roční dávky VOT se úspora zvýší na 106404,-Kč. Aplikací nové technologie dosáhneme snížení výrobních časů a tím i snížení nákladů na výrobu jednoho kusu VOT. Toto snížení výrobních časů má za následek snížení ceny výrobku nebo možnost vyššího zisku.

Snížování cen výrobku vede k pevnější a stabilnější pozici na trhu, což je pro společnost pozitivní hlavně v dnešní době zmítané ekonomickou krizí.

7 ZÁVĚR

Ve společnosti Papcel, a.s. mají problém s vysokým vytížením horizontální vyvrtávačky AFD 100. Mým prvotním cílem proto bylo snížit její vytížení, a to určitou změnou obráběných dílců. Zaměřil jsem se na jeden obrobek, obráběný na tomto stroji, jímž je vysokotlaká oscilační ostříkovací trubka (VOT).

Navrhnul jsem několik drobných změn v konstrukci trubky. Těmito změnami jsem dosáhl toho, že z technologického postupu svařence odpadly strojní operace na strojích s vysokou hodinovou sazbou. Změny se nakonec dotkly nejen strojních operací prováděných na horizontální vyvrtávačce AFD 100, ale i operací na jiných strojích s vyšší sazbou.

Navrhnul jsem dva přípravky. První slouží k snadnějšímu sestavení svařence trubky. Druhý přípravek slouží k upnutí svařence trubky k pracovnímu stolu souřadnicové vrtačky VR 5 NC. Díky těmto přípravkům není již dále potřeba tento strojní dílec opracovávat na horizontální vyvrtávačce AFD 100.

Dále jsem provedl návrh nového vrtacího nástroje. Zhodnocení výsledků nicméně poukázalo na to, že při stávajícím počtu vyráběných VOT ročně, se tato investice vrátí za relativně delší dobu. Z důvodu neustálého zkvalitňování výroby, snižování strojních časů a tím i ceny výrobků, se ale investici do nákupu kvalitnějších nástrojů nevyhneme.

8 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

- [1] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef. Top trendy v obrábění , I. část – Obrábané materiály, Žilina: MEDIA/ST, s.r.o., 2006, 202 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [2] JURKO, Jozef; ZAJAC, Jozef; ČEP, Robert. Top trendy v obrábění, II. Část – Nástrojové materiály, Žilina: MEDIA/ST, s.r.o., 2006, 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [3] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. Top trendy v obrábění, III. část – Technológia obrábění, Žilina: MEDIA/ST, s.r.o., 2006, 214 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav; VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky, Praha: Scientia, spol. s.r.o. pedagogické nakladatelství, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [5] Papcel, a. s. Litovel [online]. [citováno 11. prosince 2008]. Dostupné na URL: <<http://www.papcel.cz/>>
- [6] YESTOOL Co., Ltd. [online]. [citováno 7. března 2009]. Dostupné na URL: <<http://www.yestool.com/user/index/index.aspx>>

9 PŘÍLOHY

- Příloha č. 1 – výrobní výkres sestavy svařence dle stávající technologie,
č.v. 5213.176.001 S3
- Příloha č. 2 – stávající pracovní postup výroby trubky, č. v. S3.5213.176.001
- Příloha č. 3 – výrobní výkres sestavy svařence dle navrhované technologie,
č.v. 5213.252.001 S3
- Příloha č. 4 – výrobní výkres příruby pozice 3 podle nové technologie,
č. v. 2300.127.000 D4
- Příloha č. 5 – výrobní výkres kroužku pozice 4, č. v. 2203.242.000 D4
- Příloha č. 6 – výrobní výkres příruby pozice 5 podle nové technologie,
č.v. 2301.159.001 D4
- Příloha č. 7 – výkresová dokumentace sestavovacího přípravku,
č.v. hlavní sestavy KSU-027-01
- Příloha č. 8 – výkresová dokumentace upínacího přípravku
č. v. hlavní sestavy KSU-027-02
- Příloha č. 9 – nabídka vrtáku s vyměnitelnou břitovou destičkou od firmy YESTOOL.

Poděkování

Na závěr chci poděkovat konzultantovi bakalářské práce panu Ing. Petru Ženožičkovi za poskytnuté rady, informace a připomínky, které mi v průběhu zpracování bakalářské práce poskytl. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Papcel, a. s. Litovel za možnost zpracování bakalářské práce, a také vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za poskytnuté rady při zpracovávání bakalářské práce.